

СВОЙСТВА ИНВАРИАНТНЫХ СИСТЕМ С НУЛЕВОЙ СТАТИЧЕСКОЙ ОШИБКОЙ

Е.Г. Абаринов

Гомельский политехнический институт им.П.О. Сухого, Беларусь

В технике под инвариантными системами понимают такие, в которых внешние произвольные возмущения оказывают минимальное влияние на управляемую координату [1]. Академиком Б.Н. Петровым введено понятие абсолютной инвариантности, то есть сведение влияния возмущений до нуля, и определен признак осуществимости условий абсолютной инвариантности - принцип двухканальности, в соответствии с которым для реализации абсолютно инвариантной системы в ней необходимо наличие, по меньшей мере, двух каналов передачи возмущающего воздействия между точкой его приложения и точкой измерения координаты, для которой достигается инвариантность. Иными словами для достижения абсолютной инвариантности по какому-либо возмущению его нужно измерить. В большинстве реальных систем это сделать невозможно, и поэтому исследовались и разрабатывались промышленные системы автоматического управления, обеспечивающие не абсолютную инвариантность, а удовлетворяющие условиям инвариантности с определенным допуском [1]. Абсолютную инвариантность довольно просто можно реализовать в автоматических статических измерительных преобразователях, устранив статическую ошибку, которая, как известно, пропорциональна входной величине. Преобразовав входную величину и введя ее в соответствующую точку системы, можно свести статическую ошибку к нулю во всем диапазоне изменения входной величины. Такие системы обладают пониженной чувствительностью к возмущениям прямого тракта и очень высоким быстродействием.

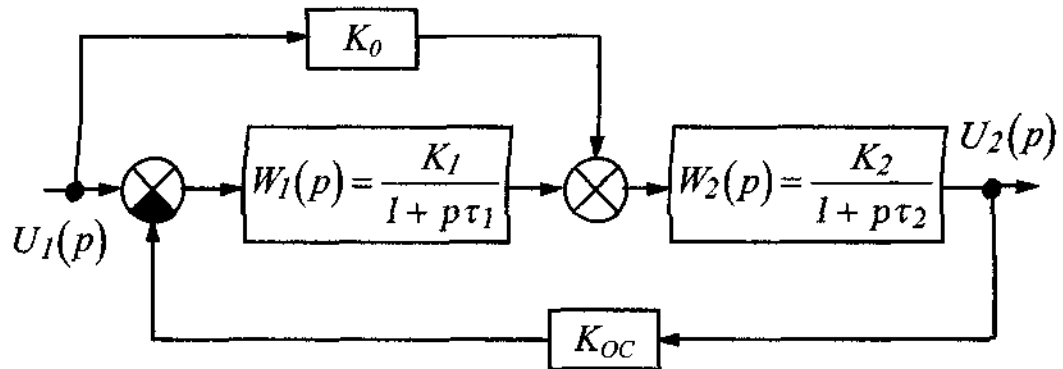


Рис. Структурная схема инвариантного преобразователя с нулевой статической ошибкой. K_0 - коэффициент передачи дополнительного канала; $W_1(p)$, $W_2(p)$ - передаточные функции звеньев, охваченных и неохваченных дополнительным каналом.

В докладе находится условие инвариантности таких систем, определяется влияние возмущений прямого тракта и повышение быстродействия. Для преобразователя со структурой, приведенной на рис., условие абсолютной инвариантности, при котором статическая ошибка равна нулю, имеет вид:

$$K_0 = \frac{1}{K_2 K_{OC}}. \quad (1)$$

Относительное изменение выходной величины δU_2 , обусловленное возмущениями, будет:

$$\delta U_2 = \frac{\delta K_0 (1 - \delta K_1)}{K_P} + \frac{\delta K_2}{K_P} - \delta K_{OC}, \quad (2)$$

где δK_0 , δK_1 , δK_2 , δK_{OC} - относительные изменения (возмущения) коэффициентов передачи дополнительного канала; звеньев, охваченных и неохваченных дополнительным каналом; звена обратной связи.

Как видно из (2), возмущения звеньев, охваченных дополнительным каналом, практически не влияют на δU_2 , так как всегда $\delta K_1 \ll 1$, а возмущения δK_0 и δK_2 уменьшаются в K_P раз, где $K_P = K_1 K_2 K_{OC}$ - коэффициент передачи разомкнутой системы.

Передаточная функция замкнутой системы с дополнительным каналом при выполнении условия (1) будет иметь вид:

$$W_{ЗИ}(p) = \frac{1}{K_{OC}} \cdot \frac{1 + p \frac{\tau_1}{1 + K_P}}{1 + p \frac{\tau_1 + \tau_2}{1 + K_P} + p^2 \frac{\tau_1 \tau_2}{1 + K_P}} \quad (3)$$

а без дополнительного канала:

$$W_3(p) = \frac{1}{K_{OC}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{K_P} \left(1 + p \frac{\tau_1 + \tau_2}{1 + K_P} + p^2 \frac{\tau_1 \tau_2}{1 + K_P} \right)}. \quad (4)$$

Как видно из сравнения (3) и (4), инвариантная система с нулевой статической ошибкой будет более быстродействующей, так как в передаточной функции (3) имеется форсирующее звено. Если $\tau_2 = 0$, то есть звено, неохваченное дополнительным каналом, безинерционно, то вся инвариантная система становится безинерционной. Если же $\tau_2 \neq 0$, то при реализации апериодического переходного процесса в замкнутой инвариантной системе ее передаточная функция будет:

$$W_{ЗИ}(p) = \frac{1}{K_{OC}} \cdot \frac{1}{1 + p \frac{\tau_2}{2(1 + K_P)}} \quad (5)$$

Как видно из (5), быстродействие будет определяться постоянной времени τ_2 , уменьшенной в $2K_P$ раз. В реальных системах обычно $\tau_1 \gg \tau_2$. В то же время в неинвариантной системе быстродействие будет определяться большей постоянной времени (τ_1), уменьшенной в K_P раз.

При нарушении условия (1) из-за изменения коэффициента передачи дополнительного канала на δK_0 передаточная функция замкнутой инвариантной системы будет иметь вид:

$$W_{ЗИ}(p) = \frac{1 + \frac{\delta K_0}{1 + K_P}}{K_{OC}} \cdot \frac{1 + p \frac{\tau_1(1 + \delta K_0)}{1 + K_P + \delta K_0}}{1 + p \frac{\tau_1 + \tau_2}{1 + K_P} + p^2 \frac{\tau_1 \tau_2}{1 + K_P}} \quad (6)$$

Как видно из (6), при этом появляется ошибка в установившемся режиме из-за изменения коэффициента передачи замкнутой системы на $\frac{\delta K_0}{1 + K_P}$, но динамические свойства существенно не изменятся, так как $\delta K_0 \ll 1$.

Литература

Алиев Р.А. Промышленные инвариантные системы автоматического управления. - М.: Энергия, 1971.